REGIME LOCAL

Thèse présentée pour le doctorat de l'Université de Strasbourg
(Mention: Médecine)

ANNÉE 1922 N° 6

THÈSE

présentée pour

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

par

René HABERER
né à DAMBACH (Bas-Rhin) le 23 Septembre 1895

Etude sur l'élévation de la température des balles de fusil

Président: Mr le Docteur CHAVIGNY, professeur

STRASBOURG
Imprimerie Ch. & J. Goeller, 16 Rue Ste Madeleine
1922

Thèse présentée pour le doctorat de l'Université de Strasbourg
(Mention: Médecine)

ANNÉE 1922 № 6

THÈSE

présentée pour

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

par

René HABERER
né à DAMBACH (Bas-Rhin) le 23 Septembre 1895

Etude sur l'élévation de la température des balles de fusil

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Président: Mr le Docteur CHAVIGNY, professeur

STRASBOURG
Imprimerie Ch. & J. Goeller, 16 Rue Ste Madeleine
1922

FACULTÉ DE MÉDECINE DE STRASBOURG

Doyen . . . . . MM. WEISS O. ✻ ✪ I.
Assesseur . . . . . BOUIN ✻ ✪ I.

Professeurs

Embryologie	MM.	ANCEL ✻ ✪ I.
Anatomie		FORSTER ✪ A.
Histologie		BOUIN ✻ ✪ I.
Physiologie		N . . .
Physique biologique		WEISS O. ✻ ✪ I.
Chimie biologique		NICLOUX ✪ I.
Anatomie pathologique		MASSON ✪ A.
Pharmacologie, Médecine expérimentale		AMBARD ✪ A.
Hygiène, Bactériologie		BORREL O. ✻ ✪ I.
Médecine légale		CHAVIGNY O. ✻ ✪ I.
Clinique médicale		BARD O. ✻ ✪ I. BLUM Léon ✻ ✪ A.
Clinique chirurgicale		SENCERT O. ✻ ✪ I. STOLZ ✻ ✪ A.
Clinique ophtalmologique		DUVERGER ✪ A.
Clinique dermatologique		PAUTRIER ✻ ✪ A.
Clinique psychiatrique		PFERSDORFF ✪ A.
Clinique neurologique		BARRÉ ✻ ✪ A.
Clinique oto-rhino-laryngologique		N . . .
Clinique gynécologique et accouchement		SCHICKELÉ ✪ A.

Chargés de cours

MM. ARON Max ✪ A.	MM. HUGEL ✪ A.
BELLOCQ ✪ A.	KELLER ✪ A.
BLUM (Paul) ✻ ✪ I.	LICKTEIG ✪ A.
BOEZ (Méd. d'argent épidémies)	REEB ✪ A.
CANUYT	ROHMER ✪ A.
FONTÈS	SCHAEFFER ✪ A.
GELMA ✪ A.	SCHWARTZ ✪ A.
GÉRY ✪ A.	STROHL, agrégé ✪ A.
GUNSETT ✪ A.	VAUCHER ✪ A.
HANNS ✻ ✪ A.	WEILL ✪ A.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A MES PARENTS

A MES AMIS

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR PAUL CHAVIGNY

Professeur de médecine-légale
à la Faculté de médecine de Strasbourg
Officier de la légion d'honneur

En remerciement d'avoir bien voulu nous faire l'honneur de présider notre thèse.

Etude sur l'élévation de la température des balles de fusil

INTRODUCTION

La question de l'augmentation de la température du projectile dans le but atteint est aussi vieille que l'application des armes à feu même, et était souvent l'objet de le corps humain, peut monter jusqu'à la fusion ou propénétrant dans une cible quelconque et spécialement dans thermique de balles de plomb ou de balles à revêtement, sujet, on est encore indécis pour affirmer, si l'élévation niaient. Et quoiqu'on ait fait beaucoup d'expériences à ce discussion d'auteurs, qui tantôt l'affirmaient, tantôt la duire des brûlures. Des expériences furent faites surtout après la guerre de 1870 aussi bien du côté français que du côté allemand, de même aussi en Suisse, expériences qui eurent pour point de départ des faits de guerre et beaucoup de blessures, dont les particularités demeuraient inexplicables. Au cours de la dernière guerre c'est une question qui est passée tout à fait au second plan. Elle a changé de domaine. Autrefois elle était chirurgicale. Actuellement elle est purement médico-légale. On est arrivé en effet à cette conviction que cette question

est complètement indifférente quant au traitement chirurgicale; on ne s'occupe plus de discuter si les plaies par coup de feu sont des contusions ou des brûlures.

Mais il n'en est pas de même au point de vue médico-légal. Il est extrêmement important de contrôler les affirmations de brûlures observées dans des cas rares, surtout au tir de près, parce que toute affirmation de ce genre et toute conclusion tirée de traces de brûlures ou de tatouage aux environs d'une plaie par armes à feu peut orienter des expertises dans un sens qui pourrait être radicalement erroné. Prenons seulement le cas douteux où il pourrait s'agir d'une simulation ou d'une mutilation volontaire. Quelles difficultés peuvent se présenter et quelles graves erreurs peuvent être produites, si l'expert se laisse conduire par de fausses conclusions, tirées de vagues symptômes qui se présentent.. Et, comme le dit Monsieur Chavigny dans le Paris-Médical du 3 mai 1919, les erreurs médico-légales d'expertise, commises à ce propos depuis le commencement de la guerre sont assez graves et feront plus tard assez de bruit, pour qu'on ne puisse pas être trop méfiant.

Il est interessant de suivre l'évolution historique de la question des brûlures par armes à feu, telle qu'elle a été conçue par les anciens auteurs, au temps où la chirurgie était encore débutante et comme toute science nouvelle propageait beaucoup d'erreurs.

CHAPITRE I

Historique

Déjà Aristote constate et affirme que dans les balles de frondes s'accumulait une quantité de chaleur suffisante pour augmenter leur température, simplement par leur mouvement dans l'air.

Après l'application des armes à feu les chirurgiens de ce temps là, — mais qui sortaient plus ou moins du métier honorable des barbiers, — se posaient le question: De quelle façon se produisent les blessures par balles? La température des balles augmente-t-elle à tel point qu'elle puisse provoquer une brûlure des tissus?

Le premier qui s'occupa sérieusement de cette question fut Ambroise Paré (1545). D'ailleurs c'est lui le premier qui osa traiter la médicine en français, langue compréhensible de tous et qui pouvait le mieux répandre les connaissances. Il est l'auteur d'un ouvrage sur la 'Méthode de traieter les playes faietes par hacquebutes et austres bastons à feu et de celles, qui sont faietes par fleches, dardz et semblables; aussi des combustions espécialement faites par la poudre à canon". Dans ce

livre, il démontre par des arguments repris ultérieurement par les auteurs qui l'ont suivi et même par les modernes, que les plaies produites par les coups de feu ne sont ni empoisonnées ni brûlées. Ce sont pour lui des plaies contuses. — Pour prouver que les balles ne sont point assez chaudes pour brûler, il avait tiré au siège de Metz dans un sac de poudre, qui n'avait pu prendre feu. Dans le traité indiqué plus haut. Paré écrit textuellement: „De dire aussi que ce soit la combustion du boulet qui face ce danger, je ne le puis entendre; vu que les balles composées ordinairement de plomb ne pourraient endurer si extrême chaleur sans se fondre et dissoudre du tout, lesquelles nonobstants nous voyons passer au travers d'un harnois et pénétrer le corps d'outre en outre et demeurer encore entières. — Davantage nous observons lorsqu'on les tire contre une pierre ou quelque autre matière solide, pouvoir au même instant être maniées de nous, et tenues en la main sans qu'elles rendent notable ou ardente chaleur." —

Après Paré vint Nicolas Goddin, 1553, médecin ordinaire de la ville d'Arras; Goddin s'occupa de la même question et aboutit à un avis contraire. Il dit dans sa „Chirurgie militaire" que „les plaies d'armes à feu sont des solutions de continuitées contuses, brûlées et empoisonnées par la pourdre."

Le même siècle a produit un autre grand chirurgien. C'est Laurent Joubert, médecin ordinaire du Roy. Lui, comme Paré, se montre l'adversaire des idées de brûlures des plaies par armes à feu et il consacré de grands développements à leur réputation. Pour prouver ses théories, Joubert a fait de nombreuses expériences. Entre autres il recouvre une balle de „plus grande quantité de poudre qu'il n'en faut pour tirer six coups, y met le feu et le

boulet estant près soudain, que la flamme cessera ne sera trouvé si chaud qu'on ne le puisse bien manier sans aucune molestée".

Il disait les arguments qu'on pourrait tirer de la chaleur communiquée à la balle par la résistance de l'air, de la chaleur quelle transmet au corps par son contact avec des parties résistantes, de l'aspect de la blessure supposée brûlée (croute, absence d'hémorragie, cercle rouge), de l'absence de brûlures aux vêtements; tout cela est bien présenté et habilement discuté.

En 1576 Duchesne ou Quercetanus, poète seigneur, conseiller et médecin du roi Henri IV, fit paraître son „Traité des plaies d'armes à feu". Pour lui, si la brûlure ne paraît pas pouvoir être admise pour le tir éloigné, elle lui sembla indiscutable pour le tir de près: „J'estime, dit-il, et M. Joubert me confessera, pour le coup de pistolet tiré de si près ce qui est maintenant tout ordinaire, que les accoustremens en sont bruslés entièrement, et ce par le seul moyen de la poudre enflammée, laquelle on voit sortir hors du calibre de la dite pistole".

A la même date la théorie de la brûlure par balles fut discutée à l'étranger, et tantôt acceptée, tantôt repoussée; surtout en Italie, on aprßs Vigo, Ferri et Rota, prédécesseurs ou contemprains de Paré, c'est avant tous Boscus, célèbres professeur de Ferrare, qui discute la question et se montre partisan des idées de brûlures comme les autres. De la Croix à Venise professe les mêmes idées que Boscus.

Il n'est pas jusqu'à Fallope et un peu plus tard Fabrice d'Aquapendente, qui ne s'y attachent quelque peu.

Maggi s'arrête longnement à refuser les idées de brûlure. Il mérite, avec Paré, et plus tard Botal, de figurer

aux premiers rangs parmi les adversaires de la doctrine de Vigo et de Ferri.

Dans le siècle suivant encore quelques auteurs s'occupaient de la question, sans pouvoir s'accorder. Ainsi Dailly, 1688, est partisan de la brûlure. Tassin, 1673, ne croit pas à l'ustion de tissus par la balle.

En somme le siècle de Paré avait battu en brèche la doctrine de la brûlure par balles — L'opinion de Paré fut corroborée plus tard par les expériences d'autres auteurs, qui prouvèrent qu'à la sortie de la bouche du canon, la température de la balle dépasse rarement 65° à 95° et souvent elle est même au dessous de 60°, malgré le frottement qu'elle subit dans le canon et malgré l'explosion de la poudre. — Voici les phases par lesquelles l'étude de la question a passé.

CHAPITRE II

Cas de Kouindjy

Après avoir été réfuté par Paré et Maggi, la question de la brûlure par balles d'armes à feu sembla être terminée. Dans le temps suivant elle fut à peine discutée et seulement encore regardée comme une fable jusqu'à ce qu'aux temps modernes on y revient de nouveau.

L'observation suivante, tirée du „Paris médical" du 31 août 1918, sembla être un de ces cas fort rares, où il y a eu brûlures par balles. Le cas a été observé par M. Kouindjy.

Le sous-lieutenant X, cité à l'ordre du jour et décoré de la légion d'honneur par faits de guerre, fut blessé en Argonne le 14 septembre 1914. Le dossier de ce blessé porte comme diagnostic: fracture de l'humérus droit, fracture incomplète du bord postérieur de la cavité glénoide et plaie en séton, de la cuisse droite. A l'ambulance, le blessé se rappelle bien que, lorsqu'on lui enleva ses vêtements, il entendit distinctement des balles tomber par terre. Comme il n'a rien senti du côté de son dos, il pensa que ces balles provenaient de sa cartouchière.

Ce n'est qu'à l'arrivée à l'hôpital militaire de Toulouse, que le chirurgien, après avoir soignée son épaule et sa cuisse, attira son attention sur deux petites brûlures sur le dos, aux dessous de l'omoplate droite. Ces brûlures le dos, au-dessous de l'omoplate droite. Ces brûlures avaient la forme de deux balles allemandes et présengraphiées trois mois après la blessure, conservent la forme des balles allemandes et ont l'aspect des brûlures produites à l'emporto-pièce chauffé au rouge. Il faut admettre que l'échauffement de ces balles fut suffisamment fort, et le contact assez prolongé, puis qu'elles purent attaquer la peau du blessé à travers la paroi du sac et des vêtements qu'il portait à ce moment.

Le lieutnant X pense que les deux balles ont été tirées par deux fusils différents, car la direction de ces balles n'est pas la même. Au moment d'être blessé, X se tourvait à genoux et les Allemands tiraient à la fois du côté droit et de derrière.

L'examen des empreintes montra que la brûlure droite fut plus profonde que la brûlure gauche et que la première porte des traces nettes d'ancienne ampoule. Une autre caractéristique de ces empreintes est que leurs bords sont plus foncés que le milieu.

CHAPITRE III

Réponse de Mr Chavigny sur le cas de Kouindjy

Paris médical, 3 mai 1919:

„Précisément parce que toutes les expériences faites jusqu'ici n'ont jamais permis de constater expérimentalement, qu'une balle de fusil ait, au bout de sa course, une température élevée, il aurait été bon d'accueillir avec la plus extrême réserve une donnée qui ne repose en somme que sur une affirmation d'un blessé. On sait combien les récits de blessées sont souvent aussi innexactes que sincères.

Tout d'abord, l'exception relaté, aurait du être nécessairement accompagné de l'examen des vêtements portés par le blessé. Yavait-il perforation de ces vêtements? S'il y avait des orifices, quel était l'espect de leurs bords? Etaient-ils brûlés eux-mêmes? La supposition que deux balles non pénétrantes, toutes deux à haute température, soient venues se poser toutes deux sur la peau du même blessé, étant toutes deux à bout de course, puisque non pénétrantes, cette supposition ne représente certainement pas une chance sur plusieurs milliards de coups tirés;

or il faut toujours se dire que les cas exceptionnels sont précisément exceptionnels parce qu'on ne les rencontre pas.

Il y aurait lieu pour l'étude quelque peu complète d'un cas de ce genre de vérifier expérimentalement et séparément les 3 conditions qui théoriquement peuvent porter une balle à une haute température:

1° Echauffement du canon par tir rapide,
2° Frottement dans l'air,
3° Arrêt brusque sur un corps dur.

Il est à remarquer que les effets de N° 1 et 2 sont contrariés et peut-être inversés pas les effets de refroidissements pendant la traversée de l'air. Il y a pour le N° 2 deux cas limités:

1° Celui du météor, qui devient lumineux, donc probablement chaud par passage dans notre atmosphère.

2° Celui du radiateur d'auto qui refroidit les liquides au contact de l'air rapidement renouvelé. L'expérience pourra montrer quel est entre ces deux cas le rapprochement à faire avec celui de la balle. (Ces deux cas seront exposés avec plus de détail dans le cas suivant.)

J'ai moi-même fait des expériences sur ce même sujet avec le fusil Lebel et je n'ai eu aucun effet calorifique. Jamais dans une expertise je n'ai constaté de traces de brûlures. Remarquons en outre que les deux balles, dont il est question dans l'observation de Konindgy étaient des balles mortes, c.-à.-d. à vitesse restreinte, condition favorable au refroidissement.

Quand à l'évévation de la température, due à l'arrêt brusque, une expérience tout à fait courante montre que c'est un calcul de laboratoire réalisable dans des conditions tout à fait spéciales . Là encore, en pratique, les

causes de déperdition l'emportent nettement sur les causes d'échauffement.

J'ai souvent tiré au revolver des balles de plomb non chemisées sur cible d'acier. Au pied de la cible je recueillais à la fin de la séance des lots de balles écrasées en marguerite, et ce plomb en lames très minces, fissurées, finement déchiquetées sur ses bords, ne portait pas la moindre trace de fusion."

CHAPITRE IV

Sur cet article de Mr Chavigny, Mr Heyrand donne la réponse suivante dans le Caducée (août 1919)

„Le Caducée, dans son numéro du 1 août 1919, renferme un article du médecin-principal Chavigny d'une documentation scientifique remarquable au sujet des effets calorifiques des balles. Cet article m'incite à raconter une observation personnelle qui va à l'encontre des conclusions de l'auteur.

En 1915, en Champagne, entre Pertes et Souain, passant en tranchées de première ligne, distance des boches de 40 à 50 mètres, je fus arrête par un tir régulier de fusil, frappant un créneau de sacs à terre, dans un but de destruction. Je traversai la zone frappée en me baissant dans la tranchée; au même instant une balle arrive, frappe un sac à terre et tombe dans la tranchée. Je la ramassai immédiatement, mais je ressentis une chaleur si vive que je la lâchais. Je la repris aussitôt, mais en la faisant sauter alternativement d'une main dans l'autre pour ne pas me brûler. Cette balle était à une température re-

lativement haute et je pense que si certaines conditions exceptionnelles de ricochet s'étaient produits, si elle avait frappé un homme et si elle s'était arrêtée sur sa peau elle eut marqué sa place par une brûlure. Nous pensons donc que la brûlure par balles n'est pas toujours une légende et peut se réaliser dans des cas rarissimes.

La balle brûlante que nous mentionnons était une balle d'acier recouverte d'une chemise de cuivre et dont les Allemands se servaient pour perfoser les blindages."

Le fait est indéniable que dans le cas précédent un échauffement de la balle a eu lieu. Mais cela n'est nullement étonnant. Car avant de tomber dans la tranchée, la balle a dû traverser un sac à terre, et il y a en friction contre les grains de sable. Ce frottement a produit l'échauffement considérable qu'a mentionné M. Heyraud.

Il y a grande différence, si la balle frappe immédiatement le but ou si elle traverse d'abord un obstable quelconque.

Pour étudier l'élévation thermique des balles, il faut diviser la question en 3 parties. L'échauffement de la balle peut se produire:

1° Dans le canon même par l'explosion des gaz de la poudre et par la friction aux parois.

2° Dans l'air par la résistance qu'offre l'air.

3° Au but par la force du choc et par la résistance de l'objet frappé.

Un fait a été constaté, c'est qu'une élévation de la température a lieu, ce qu'on sent toujours, si l'on touche une balle au moment de son arrivée dans le but, ou de suite après. Mais il est beaucoup plus difficile de constater si cette élévation se fait dans le canon, dans l'air, ou seulement par le frottement au corps frappé, ou si tous les trois facteurs collaborent pour produire cette température élevée de la balle. Et cette température peut-elle monter assez haut pour provoquer une fusion du métal, duquel la balle se compose, ou au moins une brûlure des tissus du corps humain?

A.

Revenons maintenant à la première partie de notre question: L'échauffement de la balle dans le canon même, est-il possible? D'après les calculs de Bellet et Darviller que nous trouvons dans leur „Traité de Ballistique" le temps nécessaire à parcourir le canon est de $^1/_{2000}$ de seconde pour une balle. Nous admettons que le canon est en état de repos, c. à. d. sa température est égale à celle du milieu. Il nous parait de suite inadmissible qu'en si peu de temps la balle puisse subir une augmentation considérable de sa température et qu'elle change même d'état d'agrégat, par le seul fait qu'elle a trouvé une résistance par frottement contre les parois du canon. On ne peut non plus admettre qu'elle pourrait dans ces conditions déterminer des phénomènes de brûlure sur une matière placée même aussi presque possible de la bouche du canon. Quand au cours d'une expérience, on constate des effets de brûlure, la brûlure observée dans ces cas provient de la poudre en état d'ignition. Dans tous les cas la balle ne peut avoir une température plus élevée que le canon

immédiatement après le tir. Cependant on peut à peine constater une augmentation de température après un seul tir. — D'autre part il est prouvé d'après des calculs récents que la température maxima du canon à l'état de tir prolongé atteint 600°. Mais est-il probable que la balle puisse se mettre en équilibre thermique par un simple contact, disons même par frottement, avec une température aussi élevée, dans le temps si court que représente $^1/_{2000}$ de seconde? Cela est à peu près inadmissible. Il serait très difficile de faire des expériences exactes, étant donné que les résultats seraient extrémement influencés par la combustion même de la poudre.

Quand-même on est arrivé par de nombreuses expériences à démontrer qu'à la sortie de la bouche du canon la température de la balle dépasse rarement 65° (Bruns.) En résumant les indications ainsi obtenues, nous admettons que la température de la balle, immédiatement après le parcours du canon, même en état de tir constant, peut être augmentée de quelques 60 degrés, mais n'est pas telle qu'elle pourrait produire une brûlure appréciable.

B.

Abordons maintenant la deuxième partie de notre question: L'air oppose-t-elle assez de résistance pour amener un échauffement de la balle? Lorsque la balle quitte la bouche du canon, elle parcourt l'air pendant une certaine distance avec une vitesse donnée. Dans l'air il y a frottement, il s'ensuit de la un échauffement. La résistance de l'air opposée à une balle a été dérite par Fourcade dans la „Lecture pour tous", du 1 mai 1918. Un obus de 75 mm pèse 6-7 kg. Dans le vide il porterait jusqu'à 25 km. Animéde la même force motrice il ne fait que 8 à

9 km.dans notre atmosphère. La résistance augmente avec la masse et la vitesse, L'air est donc pour la balle un milieu qui produit freinage. La résistance cause un frottement, celui produit un échauffement. De même qu'un météore devient ardent et par cela visible à nos yeux en frottant dans l'air, de même la balle pourrait s'échauffer en proportion de la distance parcourue. Voilà une des possibilités. L'autre lui est diamétralement opposée. La balle peut se trouver dans les conditions d'un radiateur d'auto, c. à. d. par le renouvellement permanent de l'air il y a refroidissement. Laquelle de ces deux influences est prépondérante? Celle de frottement ou celle du refroidissement? La solution de cette question n'est possible que par voie expérimentale, mais il est extrêmement difficile de faire de ces expériences. Il faut tirer d'une distance maxima sur un but relativement petit. D'un autre côté il faut que le but soit composé d'une matière qui offre très peu de résistance, mais que prenne en même temps facilement feu ou qui soit aussi facilement fusible; par exemple des bouteills d'éther ou des plaques de gélatine. Il est évident qu'il faudrait avoir pour une expérience pareille ou bien un tireur excellent ou bien un grand nombre d'hommes tirant tous sur le même but. Voilà bien des conditions qui n'encouragent pas une telle expérience.

Toutes les expériences connues jusqu'ici rapprochent la balle des conditions du radiateur:

Déperdition de chaleur plus grande que chaleur de friction. M. Chavigny a tiré sur des boîtes à conserves remplies de ouate. Le canal qu'avait creusé la balle (balle blindée) dans lo ouate ne montrit aucune trace de brûlure, de sorte qu'on peut admettre avec grande probabilité que le frottement-échauffement et le refroidissement de la balle se tiennent au moins en equilibre pendant son parcours dans l'air.

Il y a un approchement intéressant à faire entre les considérations ci-dessus et le cas d'une balle qui est tirée suivant une direction exactement verticale: On se fait souvent dans le public une idée assez fausse de ce qui arrive dans ce dernier cas. On s'imagine volontiers que la balle doit retomber à terre avec une vitesse égale à celle qu'elle avait au moment où elle est sortie de l'arme. Cette conception serait exaxte si la balle était tirée **dans le vide.** Dans l'air, la vitesse de la balle qui retombe est **accélérée** par le poids de cette balle, par l'attraction terrestre, mais elle est **diminuée** par la résistance de l'air. —

De ces deux forces de sens contraire tend à résulter à un certain moment, une **vitesse d'équilibre** que la balle conserve jusqu'à la fin de sa course.

Il y a lieu d'admettre qu'il en est sensiblement de même dans le cas considéré et que, outre l'échauffement par frottement et le refroidissement par radiation, il se fait un équilibre thermique intermédiaire. — Il est d'ailleurs difficile d'en donner la démonstration expérimentale.

C.

Nous arrivons à la troisième partie de la question, l'augmentation de la température de la balle par le choc qu'elle subit en arrivant au but. A ce sujet beaucoup d'expériences ont été faites dans les temps modernes, surtout pour élucider un fait à peine connu auparavant et demeuré inexpliqué. C'est la déformation et la division des balles de plomb dans le corps humain; on attribuait ces faits à la fusion du plomb par la température élevée à laquelle la balle était portée comme résultat du choc. Cette déformation fut observée seulement à la suite de l'amélioration des armes et l'augmentation de la vitesse

initiale et de la force vive des projectiles. L'explication de la déformation par fusion du plomb paraissait si naturelle qu'on trouvait partout des gouttes de plomb fondée; on constatait aussi de la diminution par fusion et on trouvait même des produits de fusion.

Cette doctrine fut soutennue en Suisse par Socin et Hagenbach, reprise en France par Coze, en Allemagne par Mülhäuser.

I. Idées et expériences de Socin et Hagenbach

D'abord invoquée pour expliquer les effets des balles en tissus mous, dans le cas seulement où les projectiles sont arrêtés dans leur trajet par les os, la théorie de Socin et Hagenbach servit à rendre compte des effets constatés, alors que les balles n'avaient traversé que des parties molles.

Hagenbach et Socin firent leurs expériences à Bâle en 1871. La dernière publication sur ce sujet se trouve dans les „Kriegschirurgische Erfahrungen":

„On constatait que les projectiles qui étaient tiré de petite distance sur des plaques de fer épaisses présentaient tous les signes d'une forte fuion. Le professeur Hagenbach rappelait que la théorie mécanique de la chaleur expliquait suffisamment les effets observées. Comme la plaque de fer était très peu déformée et que la balle était rejetée avec une vitesse minime ou nulle, une grande partie de la force vive de la balle devrait être transformée en chaleur. Que cette chaleur ne soit pas transmise au milieu extérieur, mais qu'elle soit employée à l'élévation thermique et à la fusion du plomb, cela s'explique par la

brièveté de ces faits dans le temps brièveté qui ne comporte pas une diminution de la chaleur par conductibilité et rayonnement, cette diminution de la chaleur est en effet proportionnelle au temps."

Ces faits et leur explication scientifique étaient publiés dans une communication du prof. Hagenbach de Bâle. Socin croit que les choses se passent de la même façon dans le corps humain, quand il y a blessure par balles. Il attribue l'aspect singulier et la déformation des balles, retirées de blessures, aux effets d'une fusion, dont il croit avoir vu les signes indéniables; mais il admet que des erreurs sont très possibles.

Utilisant les données de la Théorie mécanique de la chaleur, Hagenbach avança que la température d'une balle, animée d'une vitesse de 400 m doit s'élever a 582° lorsqu'elle est arrêtée subitement; or, comme le plomb fond à 334°, toute balle qui dans le corps humain vient s'aplatir contre un os doit cautériser les tissus. Telle est la donnée primitive, fondamentale de la théorie présentée sous cette nouvelle forme. Pour chercher à la faire admettre, Hagenbach et Socin se sont basés sur des expériences directes faites sur des corps inorganiques ou sur des tissus animaux.

La description que nous donnons ici de ces expériences est enpruntée au „Traité de chirurgie de guerre" par Delorme, qui lui les a tirées du livre de Socin: „Kriegschirurgische Erfahrungen".

Expériences sur des corps inorganiques

Le projectile suisse de gros calibre du poids de 40 grammes tiré à 100 m sur une plaque de tôle se transforme en un fragment de plomb déformé d'une manière

particulière et d'un poids constant, accusant une déperdition moyenne de poids de 27,3 gr. Des éclaboussures de plomb disposées en étoiles sur la cible, la présence de gouttes de plomb ramassées encore toute chaudes à côté, la structure spéciale du tronçon de projectile restant, indiquent, sans qu'il y ait à en douter, que la perte de poids est le résultat de la fusion.

Des projectiles plus petits perdent une proportion plus grande de leur poids. La balle fédérale, petit calibre, pesant 20,4 gr., perd par fusion 17,5 gr en moyenne.

Le calcul semblait d'ailleurs rendre très bien compte du phénomène observé.

A. 100 m la vitesse des balles suisses est de:

Pour le petit calibre . . . . . 435 m
Pour le grand calibre . . . . . 350 m

En calculant la force vive de ce projectile on trouve:
Pour le petit calibre . . . . 197 kilogrammètres
Pour le grand calibre . . . 250 kilogrammètres

En évaluant cette force vive en unités de chaleur, on trouve que les

197 kilogrammètres du projectile de pet. cal. = 0,465 unités de chal.

250 kilogrammètres du projectile de grand cal. = 0,59 unités de chal.

Or ces:

0,465 unités de chaleur peuvent fondre 27 gr de plomb.

0,59 unités de chaleur peuvent fondre 47 gr de plomb, en supposant que la température initiale du plomb soit de 100 ° et doive être portée de 100° à la température de fusion.

Or, dans l'expérience, on constate que:

17,5 gr seulement de la balle du petit cal. sont fondus;

27,3 gr seulement de la balle du grand cal. sont fondus.

Il restait donc 54 p. 100 dans le 1 cas, 42 pour 100 dans le 2, de la force vive du projèctile qui n'était pas utilisé pour la fusion. C'était la proportion de force vive qui était utilisée:

1° à échauffer la partie non fondue du projèctile; 2° à fournir les pertes subies par conductibilité ou rayonnement; 3° à produire l'eclaboussement du plomb fondu et le ricochet du projectile.

Hagenbach et Socin avancèrent que dans le tir contre les parties résistantes de l'organisme on observait des effets semblables à ceux qu'on constatait dans le tir contre les cibles métalliques; que les fragments des balles divisées par leur contact avec les os étaient trouvés chauds et même brûlants et qu'ils présentaient des traces de fusion. Dans les parties molles mêmes, les balles pourraient subir également, d'après Socin, des dé formations considérables, liées à la fusion, sans qu'il y ait fracture ou lésion osseuse. Voici sur quelle expérience cette derniere assertion reposait!

Expériences sur des tissus animaux

Des estomacs d'animaux, préalablement remplis d'eau, enveloppés dans plusieurs, doubles de peau de taureau sont arrangés en un paquet d'environ 25 cm. de diamètre. Deux projectiles de petit calibre et trois de grand calibre, tirés sur ce but, restèrent dans la masse. Quand on examina les premiers on trouva que leur pointe s'était fondue en majenre partie et qu'ils s'étaient aplatis et rebroussés

d'une manière surprenante. Pourtant, dit Socin, ils n'avaient touché aucun corps dur. On dut les exciser pour les retirer de la masse de parties molles, dans laquelle ils étaint engagés. Quand aux gros projectiles, on les trouva dans le liquide. Leur pointe ne présentait que des traces de fusion; mais leur diamètre transversal était considérablement augmenté au dépens de leur longueur.

Ces essais, du reste modifiés de diverses manières, montrent d'une façon indubitable, concluait Socin, qu'un projectile peut être arrêté dans des parties molles. Le travail mécanique produit dans ce cas est si minime que la plus grande partie de la force vive doit être transformée en chaleur. Quand ce résultat est obtenue subitement, le plomb fond. Ce fait se présente surtout avec les petits projectiles parce que, leur vitesse étant plus grande, ils ont, à masse égale, une force vive plus considérable.

En résumé, d'après les autres cités, l'arrêt subit d'un projectile aurait pour effet de transformer en chaleur une grande partie de la force vive inutilisée. La rapidité avec laquelle le phénomène se produit est telle que la déperdition par rayonnement ou conductibilité est nulle; la chaleur ne peut donc se perdre et elle est employée à fondre le plomb.

Cette fusion s'observerait aussi bien dans le choc des balles contre les tissus animaux durs que dans le choc contre les corps inorganiques. La réstistance des tissus mous serait même suffisante pour la produire. Mais pour la pratique chirurgicale, ces faits ne semblent avoir qu'une importance médiocre. Car les symptômes des brûlures et des contusions seraient très difficiles à différencier, et l'évolution des blessures, soit brûlées, soit contusionnées, est à peu près la même.

Les expériences et les assertions contradictoires de Melsens nous semblent avoir ruinée cette théorie.

II. Expériences de Melsens

1° Cet expérimentateur traverse avec des balles ordinaires animées de vitesse de 240 et 380 m l'iléum sec d'un cheval à peu près vers son centre, où l'os a une épaisseur de 25 mm. L'os est appuyé sur un gros livre. Les balles traversent l'os et se perdent fort avant dans le livre. On les retrouve fragmentées. Elles sont à peine chaudes au moment où on les retire du livre, ce qui se fait le plus rapidement possible. Aucun des fragments retrouvés contre l'os, dans la poussière qu'ils ont fournie, ou dans le livre, examiné avec soin, n'a offert de traces appréciables de fusion. Quant au papier, examiné avec le même soin, partout où on avait retrouvé les fragments du plomb, il était à l'état naturel, sans aucune coloration, provenant de l'action d'une température élevée.

2° Melsens traverse des os avec des balles d'alliage fusible à 95° C, c'est-à-dire à une température de 260° inférieure à celle de la fusion du plomb. Ces balles animées d'une vitesse de 380 m. devraient prendre, si leur force vive était transformée en chaleur, une temp. de 385° C, soit de 290° supérieure à celle de leur fusion. Or les fragments de ces balles recueillés dans un livre présentèrent pour la plupart des cassures fibreuses et cristallines. A leur extérieur on reconnaissait encore la forme du moule de la balle; un seul des fragments offrait des parties fondues. Quant à la poussière métallique ou aux fragments, trouvés en dehors du livre, ils ne présentaient pas traces de fusion. Or cette expérience avait été entreprise dans les conditions les plus favorables à la théorie.

3° Enfin Melsens a tiré sur des enclumes d'acier des balles de plomb animées de grandes vitesses et a recueillile

les fragments dans une longue gaine de zinc entourant le point de l'enclume visé. Même dans ces conditions, Melsens a constaté une fragmentations considérable du projectile, mais jamais il n'a pu trouver des gouttelettes appréciables à l'oeil nu. „Tous les petits fragments de plomb qu'on parvint à retrouver dans le tir sur l'enclume et le ricochet sur la lame de zinc furent, dit-il, examinés dans cette expérience et dans beaucoups d'autres. Il résulte de leur examen, fait à la loupe ou au microscope simple ou au microscope binoculaire, qu'ils sont irréguliers. C'est à peine si on en a trouvé quelques-uns qui paraissent avoir parfois un bord arrondi. Je conclus directement et sans hésitation que s'il y a un phénomène de fusion, ce qui est incontestable, il ne s'opère que sur des quantités relativement faibles de la balle."

Quant à la déformation des balles qui, après avoir traversé des peaux de taureau, tombent dans des estomacs remplis d'eau, elle s'explique non par l'obstacle que leur ont opposé les tissus animaux, mais parcelui qui lui a présenté l'eau même. Une expérience de Melsens servirait encore à le démontrer. Une balle animée d'une tres grande vitesse s'aplatit sur l'eau d'une façon remarquable quand elle est tirée normalement à la surface de la colonne liquide; souvent même le projectile se brise, mais jamais sa surface étalée par l'effet du choc ne présente des traces de plomb fondu. — „Les expériences démontrent, conclut Delorme, que, si les calculs sont d'une rigueur indiscutable, ils ne peuvent en aucune façon s'appliquer aux traumatismes produits par les petits projectiles. On ne peut même pas les appliquer au cas d'arrêts brusques des balles par des corps inorganiques, dont la résistance est bien antrement grande que celle que présentent les os. C'est que pour que le phénomène se produise comme le voudrait la théorie, il faudrait que le corps frappé fût absolument inébran-

lable; que le projectile ne possedât aucune élasticité et qu'il ne pût subir de déformation. Or, si ces conditions ne se retrouvent même pas, quand une balle frappe une enclume pesante et impénétrable, peut-on s'attendre à les rencontrer quand elle atteint un os mobile, élastique, qu'elle traverse ou qu'elle brise? La force vive développée dans le choc est employée non à élever la température de la balle, mais presque uniquement à produire un effet mécanique."

III. Idées et expériences de Bruns

Les diverses expériences rélatées ci-dessus ont donc démontré qu'à la sortie de la bouche du canon la température de la balle d'épasse rarement 65° à 95°. Par contre lorsque la balle rencontre un résistance assez forte, un obstacle au bout de sa course, sa température augmente et atteint parfois un degré assez élevé, mais n'atteint pour ainsi dire jamais le point de fusion du métal constituant la balle. Voici maintenant l'exposé des expériences de Bruns, professeur de Chirurgie à Tübingne; Bruns est un adversaire de cette idée, d'après laquelle il pourrait y avoir fusion plus on moins complète de la balle. Il écrit dans son livre: Geschoss-Wirkungen der neuen Kleinkalibergewehre 1888!

„Il est facile de constater l'échauffement d'une balle, aussitôt que le but est atteint, mais je n'ai jamais pu remarquer, malgré de nombreuses expériences, un phénomène de fusion. Aussi a-ton vu que toute altération des projections de plomb qui devrait prouver une fusion était trompeur, surtout l'irisation, les empreintes et frôlements

sur la surface atteinte, ainsi que les particules d'os enfoncés dans le plomb, parce qu'il n'y a là q'un effet chimique et mécanique.

Est-ce que l'échauffement a lieu dans le but ou déjà auparavant? L'échauffement par les gaz provenant de la poudre, par le frottement à l'intérieur du canon,a peu d'importance. Beaucoup plus important est le choc instantané que subit la balle en frappant un but fixe. En s'en tenant aux données de cette loi que la chaleur est proportionnelle à la vitesse dont la balle est animée, la force vive de la balle est transformée en chaleur, tant qu'elle n'est pas épuisée par le travail mécanique. Etant donné que toute la force vive se transforme en chaleur, on a calculé que pour une arme de 11 mm., la température atteindrait 600°-700°, donc le double de celle qui est suffisante pour fondre le plomb. Mais ces calculs théoriques ne permettent pas une conclusion pour le degré réel de l'chauffement, parce qu'on ne peut pas constater combien de force s'épuise pour la commotion ou la pénétration du but ainsi que pour son échauffement, et combien s'anéantit dans la déformation et dans l'échauffement de la balle. La solution de ce problème est exclusivement d'ordre expérimental.

Expériences!

En tirant de très près une balle de plomb mou sur une plaque en fer, on y appercoit une empreinte ronde, entourée d'une étoile blanche et brillante, qui n'est autre chose que le plomb dissipé, pendant que la balle, déformée et rendue bien plus petite, tombe par terre. En général on croit cette étoile de plomb résultant d'une fusion, ce qui est une conception très fausse, il faut plutôt croire qu'elle s'est formée non pas par fusion, dont ou trouve aucune trace caractéristique, mais simplement par le dépouillement du plomb qui vient de se briser.

Bruns tâchait alors de contrôler le degré de température d'une balle et de ses fragments immédiatement après qu'elle avait frappé la plaque en fer; il employait une méthode indirecte parce qu'il est trop difficile de mesurer directement la température. Pour ces expériences il se servait d'une caisse de fer très résistante, fermée à l'arrière et sur les côtes. Dans cette caisse on pouvait placer des plaques de fer servant de but. L'avant de la caisse est fermé par du fer blanc très mince, le haut par une plaque de fer, le bas donne sur un tiroir, de sorte que la balle et tous ces fragments, après avoir traversé le fer blanc et après avoir fait ricochet sur la plaque de fer, retombent dans le tiroir. Ce tiroir est rempli de substance à point de fusion différent, afin de pouvoir observer s'il y, a eu sur les fragments un phénomène de fusion. En premier lieu on garnissait l'intérieur du tiroir d'une plaque recouverte de paraffine; la plupart des fragments des balles de plomb et à manteau produirent un cercle de fusion, par lequel les fragments échauffés se distinguent nettement de ceux qui ont pénétré mécaniquement. Mais il en résulta que les degrés de fusion étaient différents selon la grosseur des éclats et on en tira la conclusion que les gros fragments n'atteignent que rarement 130°-150°, les petits 150°-180°-200°.

En second lieu on choisit du soufre en poudre, que seuls les plus petits éclats de plomb parvinrent à faire foudre, tandisque très souvent les fragments du manteau d'acier ou de nickel et de la plaque de fer étaient recouverts de soufre fondu. Ces derniers parvinrent quelquefois à allumer le soufre à une ou plusieurs places. On peut constater une fois de plus que les plus petits éclats de plomb atteignirent 210°, les fragments du manteau ainsi que ceux de la plaque de fer 220°-230°.

Exceptionnellement on put observer qu'un fragment d'un manteau d'acier parvint à faire bouillir la paraffine pour quelques instants dans les alentours les plus proches. L'échauffement de l'acier monte donc exceptionnellement jusqu'à 300°.

Ces chiffres trouvés par les expériences décrites sont a peut près égaux, concluait Bruns, à l'échauffement réel des projectiles et des fragments de projectiles. En faveur de l'exactitude de ces chiffres parlent aussi quelques déclarations de Reger qui calculant la température, lui assigne comme limite 220° à 230°.

En résumant on peut dire: Quand une balle traverse le corps humain, sa vitesse est si considérable, que ce temps court où la balle reste dans le corps, ne suffit pas pour provoquer une brûlure, quelque soit la température.

Si la balle arrive avec une grande vitesse et s'arrête quand-même dans le corps humain, la plus grande partie de sa force vive est employée dans un sens mécanique, c.-à.-d. pour détruire un os par exemple, et ce qui reste encore de la force vive pourrait seul contribuer à l'échauffement.

Quand la balle reste dans le corps parce qu'elle est au bout de sa force vive, sa vitesse et le choc sont si minime, qu'une élévation thermique ne peut se produire.

L'obligeance de Monsieur le professeur Chavigny me permet d'ajouter encore une observation très intéressante. Un individu s'était suicidé dans une chambre de $^3/_4$ m. avec un fusil Lebel. La balle avait d'abord traversé l'homme; alors elle a fait une empreinte dans le plafond et une deuxième empreinte dans un mur de la chambre. Ces nom-

breux ricochets ont produit des déformations remarquables de la balle, de sorte qu'elle fut trouvée complètement aplatie. Et malgré ce choc très intense, elle ne montrait, même examinée à la loupe, pas de trace de fusion, rien que des rayures.

CHAPITRE V

Capacité calorifique des balles

Avant de terminer j'ajoute encore quelques mots sur la capacité calorifique des balles. La capacité calorifique d'un corps dépend en premier lieu de sa chaleur spécifique. On appelle **chaleur spécifique** d'un corps le nombre de calories nécessaires pour élever la température de l'unité de la masse de ce corps de un degré.

Pour les corps différents les quantités de chaleur nécessaires pour produire une même variation de température sont différentes. Si l'on mélange par exemple un kg de Hg à 100° et 1 kg d'eau à 0° la température finale ne sera pas 50°. Elle sera voisine de 3°, 2 si l'on admet que les parois de vase n'interviennent pas dans les conditions de l'équilibre finale. Ainsi la quantité de chaleur abandonnée par le Hg, lorsque sa température varie de 96°, 8 environ n'a pu échauffer le même poid d'eau que de 3°, 2. Les **quantités** de chaleur contenues dans les différents corps ne sont donc pas du tout accusées par leur température.

Tyndall l'a aussi montré par une expérience bien simple: Sur un gâteau de cire de 12mm. d'épaisseur, il

déposait en même temps des balles de différents métaux: fer, plomb, bismuth, étain, cuivre, qu'il venait de chauffer à 180° dans un même bain d'huile. Les balles fondaient la cire et s'y enfonçaient, mais avec des vitesses différentes. Le fer traversait la cire de part en part et tombait; le cuivre suivait; la boule d'étain arrivait juste audessous du gâteau, mais ne pouvait traverser; le plomb et le bismuth enfonçaient à peine.

Ces expériences sont tirées des „Leçons de physique générale" de Chappuis et Berget.

Admettons qu'une balle de plomb traverse des tissus humains qui sont à 37°.

Théoriquement il se forme alors un équilibre de température, qui même si le séjour de la balle est assez long ne produit pas forcément une brûlure.

Conclusions

Les nombreuses expériences très exactes qui ont été relatées, permettent d'admettre que la preuve est suffisamment acquise: qu'un projectile de plomb, mou même, en frappant un but impénétrable, ne peut s'échauffer jusqu'à la fusion.

La déformation de la balle de plomb se fait simplement par voie mécanique. Elle est donc, ainsi que l'a déjà établi Reger, non pas une suite de l'échauffement, mais bien au contraire un équivalent du dernier, parce que les projectiles non susceptibles d'être déformés, subissent un échauffement, bien plus élevé. Les balles de plomb, chemisées de métal dur, ayant traversé des tissus mous sans se déformer, étaient tellement échauffées qu'on n'a pas pu les toucher. Mais avec Bruns je le crois complètement impossible, qu'il y ait phénomènes de brûlures dans les plaies par armes à feu. En raison de la vitesse considérable avec laquelle une balle traverse le corps, le temps est trop court pour provoquer une brûlure; quand la balle reste dans le corps humain, sa force vive est tellement diminuée qu'une élévation thermique ne peut se produire.

Si l'on rencontre une brûlure par un coup de fusil tiré de très près, cette brûlure est produite avec très grande probalité par le feu de la poudre. Pour éviter ce signe révélateur en cas de mutilation les individus se servaient de sacs remplis de sable, à travers lesquels ils faisaient d'abord passer la balle. Cette question de la brûlure par la poudre est d'ailleurs à traiter à part. Elle est en dehors des limites du travail que nous nons étions fixé.

Vu; le Doyen:
G. WEISS.

Vu: le Président de la thèse:
P. CHAVIGNY

Bibliographie

Bellet et Darviller — Traité de ballistique.

Bruns P. — Die Geschosswirkung der neuen Kleinkaliber-Gewehre. 1889.

Chavigny — L'expertise des plaies par armes à feu. 1918.

Chavigny — La brûleur par la balle. Paris-Médical, 3 Mai 1919.

Chappuis et Berget — Leçons de physique générale Tome I.

Cranz — Lehrbuch der Ballistik. Tome I.

Delorme — Traité de Chirurgie de guerre I.

— Les plaies par armes à feu.

Heyraud — Effet calorifique des balles. Le Caducéc. Août 1919.

Kouindjy — La brûlure par la balle. Paris-Médical, 31 Août 1918.

Socin — Kriegschirurgische Erfahrungen, gesammelt in Karlsruhe 1870/71.